


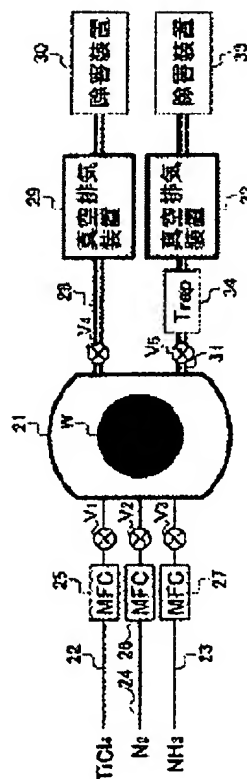
TREATMENT APPARATUS

Patent number: JP2004124193
Publication date: 2004-04-22
Inventor: ISHIZAKA TADAHIRO; KAWANAMI HIROSHI; KOJIMA YASUHIKO; SHIGEOKA TAKASHI; OSHIMA YASUHIRO; KAWAMURA GOHEI
Applicant: TOKYO ELECTRON LTD
Classification:
- international: C23C16/455; H01L21/31
- european:
Application number: JP20020291578 20021003
Priority number(s):

Also published as: US2004250765 (A1)[Report a data error here](#)**Abstract of JP2004124193**

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent gaseous raw materials from reacting in exhaust piping to prevent the exhaust piping from being clogged by reaction products with a treatment apparatus for performing deposition by alternately supplying a plurality of gaseous raw materials.

SOLUTION: The gas supply to a treating vessel 21 is switched between a TiCl_4 supply system and an NH_3 supply system. Also, the gas exhaust from the treating vessel 21 is switched between a TiCl_4 exhaust system and an NH_3 exhaust system. When the gas supply is switched to the TiCl_4 supply system, the gas exhaust is switched to the TiCl_4 exhaust system. When the gas supply is switched to the NH_3 supply system, the gas exhaust is switched to the NH_3 exhaust system. The switching is performed by stop valves V1 to V5 which are disposed to the supply systems and the exhaust systems, respectively.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-124193

(P2004-124193A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

(51) Int. Cl.⁷C23C 16/455
H01L 21/31

F1

C23C 16/455
H01L 21/31

B

テーマコード(参考)

4K030
5F045

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2002-291578 (P2002-291578)
(22) 出願日 平成14年10月3日(2002.10.3)(71) 出願人 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目3番6号
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦
(72) 発明者 石坂 忠大
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
送センター 東京エレクトロン株式会社内
(72) 発明者 河南 博
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
送センター 東京エレクトロン株式会社内
(72) 発明者 小島 康彦
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

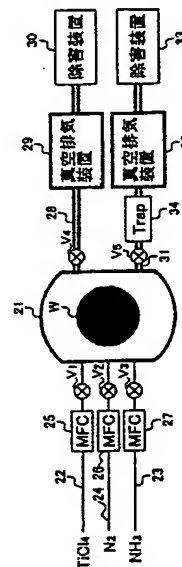
(54) 【発明の名称】 処理装置

(57) 【要約】

【課題】複数の原料ガスを交互に供給して成膜を行う処理装置において、排気配管中で原料ガスが反応することを防止して反応生成物による排気配管詰まりを防止することを課題とする。

【解決手段】処理容器21へのガス供給をTiCl₄供給系統とNH₃供給系統との間で切り替える。また処理容器21からのガス排気をTiCl₄排気系統とNH₃排気系統との間で切り替える。ガス供給がTiCl₄供給系統に切り替えられたときにガス排気をTiCl₄排気系統に切り替え、且つ、ガス供給がNH₃供給系統に切り替えられたときにガス排気をNH₃排気系統に切り替える。切り替えは供給系統及び排気系統の各々に設けられた開閉弁V1～V5により行う。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の原料ガスと第 2 の原料ガスとを被処理基板に対して交互に供給して処理を行う処理装置であって、
内部に該被処理基板が配置される処理容器と、
該処理容器内に前記第 1 の原料ガスを供給するための第 1 の供給系統と、
前記処理容器内に前記第 2 の原料ガスを供給するための第 2 の供給系統と、
前記処理容器内から前記第 1 の原料ガスを排気するための第 1 の排気系統と、
前記処理容器内から前記第 2 の原料ガスを排気するための第 2 の排気系統と、
前記処理容器へのガス供給系統を前記第 1 の供給系統と前記第 2 の供給系統との間で切り 10
替える供給系統切り替え手段と、
前記処理容器からのガス排気系統を前記第 1 の排気系統と前記第 2 の排気系統との間で切り
替える排気系統切り替え手段と、
ガス供給系統が前記第 1 の供給系統に切り替えられたときにガス排気系統を前記第 1 の排
気系統に切り替え、且つ、ガス供給系統が前記第 2 の供給系統に切り替えられたときにガ
ス排気系統を前記第 2 の排気系統に切り替えるように、前記供給系統切り替え手段と前記
排気系統切り替え手段とを制御する制御手段と
を有することを特徴とする処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の処理装置であって、
前記第 1 の排気系統に設けられ、前記第 1 の原料ガスを捕集するトラップと、
該トラップにより捕集した前記第 1 の原料ガスを前記第 1 の供給系統に戻すための回収配
管と
を更に有することを特徴とする処理装置。 20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の処理装置であって、
前記第 2 の排気系統に設けられ、前記第 1 の原料ガスと前記第 2 の原料ガスの反応による
反応副生成物を捕集するトラップを更に有することを特徴とする処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項記載の処理装置であって、
前記処理容器に不活性ガスを供給するための第 3 の供給系統を更に有することを特徴とす
る処理装置。 30

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のうちいずれか一項記載の処理装置であって、
前記供給系統切り替え手段は、前記第 1 の供給系統に設けられた第 1 の供給系開閉弁と、
前記第 2 の供給系統に設けられた第 2 の供給系開閉弁とを有し、該第 1 の供給系開閉弁と
該第 2 の供給系開閉弁の開閉は前記制御手段により制御されることを特徴とする処理装置

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のうちいずれか一項記載の処理装置であって、
前記排気系統切り替え手段は、前記第 1 の排気系統に設けられた第 1 の排気系開閉弁と、
前記第 2 の供給系統に設けられた第 2 の排気系開閉弁とを有し、該第 1 の排気系開閉弁と
該第 2 の排気系開閉弁の開閉は前記制御手段により制御されることを特徴とする処理装置 40

【請求項 7】

請求項 1 乃至 4 のうちいずれか一項記載の処理装置であって、
前記供給系統切り替え手段は、前記第 1 の供給系統と前記第 2 の供給系統とのいずれか一
方に接続される供給系三方弁を有し、
前記排気系統切り替え手段は、前記第 1 の排気系統と前記第 2 の排気系統とのいずれか一
方に接続される排気系三方弁を有し、 50

前記供給系三方弁と前記排気系三方弁とは、前記制御手段により制御されることを特徴とする処理装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の処理装置であって、

前記供給系三方弁及び前記排気系三方弁は空気作動弁よりなり、空気作動弁に供給される圧縮空気は空気切り替え弁により前記供給系三方弁及び前記排気系三方弁のいずれか一方に供給されることを特徴とする処理装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 記載の処理装置であって、

前記第 1 の原料ガスは $TiCl_4$ 、 TiF_4 、 $TiBr_4$ 、 TiI_4 、 $Ti[N(C_2H_5CH_3)]_4$ 、 $Ti[N(CH_3)_2]_4$ 、 $Ti[N(C_2H_5)_2]_4$ 、 TaF_5 、 $TaCl_5$ 、 $TaBr_5$ 、 TaI_5 、 $Ta(NC(CH_3)_3)(N(C_2H_5)_2)_3$ のいずれかであり、前記第 2 の原料ガスは NH_3 、 N_2H_4 、 $NH(CH_3)_2$ 、 $N_2H_3(CH_3)$ のいずれかであり、 TiN 膜もしくは TaN 膜を前記被処理基体上に生成することを特徴とする処理装置。

【請求項 10】

請求項 4 記載の処理装置であって、

前記第 1 の原料ガスは $TiCl_4$ 、 TiF_4 、 $TiBr_4$ 、 TiI_4 、 $Ti[N(C_2H_5CH_3)]_4$ 、 $Ti[N(CH_3)_2]_4$ 、 $Ti[N(C_2H_5)_2]_4$ 、 TaF_5 、 $TaCl_5$ 、 $TaBr_5$ 、 TaI_5 、 $Ta(NC(CH_3)_3)(N(C_2H_5)_2)_3$ のいずれかであり、前記第 2 の原料ガスは NH_3 、 N_2H_4 、 $NH(CH_3)_2$ 、 $N_2H_3(CH_3)$ のいずれかであり、前記不活性ガスは N_2 、 Ar 、 He のいずれかであり、 TiN 膜もしくは TaN 膜を前記被処理基体上に生成することを特徴とする処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は処理装置に係り、特に半導体ウェハ等の被処理基板に複数種類の原料ガスを交代に供給しながら処理を行う処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

加熱した基板に処理ガスを供給して基板上に高品質な薄膜を形成する方法として、ALD (Atomic Layer Deposition) が近年注目されている。

【0003】

ALD による成膜工程では、複数種類の原料ガスを基板に対して供給し、原料ガスを基板上で反応させて反応生成物の非常に薄い膜を形成する。この際、原料ガスが基板上に到達する前に反応してしまわないように、複数種類の原料ガスを切り替えながら一種類毎に供給する。すなわち、一つの種類の原料ガスだけを基板に供給して吸着させた後、吸着しなかったガスを完全に排気し、続いて異なる種類の原料ガスを供給して基板上で反応させる。この処理を例えば数百回繰り返してある程度の厚さの薄膜に成長させる。

【0004】

1 回の原料ガスの供給工程では、原料ガスは、基板の表面に接触する僅かな部分しか反応に寄与せず、原料ガスの大部分は未反応のまま処理容器から排気される。そして、一種類の原料ガスが排気されると、直ちに次の種類の原料ガスが処理容器内に供給される。

【0005】

例えば、2 種類の原料ガスを交互に供給する ALD では、以下のような工程となる。

【0006】

▲1▼ 第 1 の原料ガスを処理容器内に供給して基板上に吸着させる。

【0007】

▲2▼ 処理容器内に残留している第 1 の原料ガスを排気する。

【0008】

30

40

50

▲3▼ 第2の原料ガスを処理容器内に供給して基板上に吸着している第1のガスと反応させる。

【0009】

▲4▼ 処理容器内に残留している第2の原料ガスと、反応による副生成物とを排気する。

【0010】

以上の工程▲1▼～▲4▼を繰り返して所定の膜厚の薄膜を基板上に形成する。上述の工程において、基板上に吸着されずに反応に寄与しなかった原料ガスはそのまま処理容器から排気される。したがって、ALDによる成膜工程は、通常のCVDによる成膜工程よりも、未反応のまま排気される原料ガスの量が多い。

10

【0011】

この出願の発明に関連する先行技術文献としては次のものがある。

【0012】

【特許文献1】

特開平3-28377号公報

【特許文献2】

特開2001-214272号公報

【特許文献3】

国際公開第02/15243号パンフレット。

【0013】

20

【発明が解決しようとする課題】

上述のALDによる成膜工程において、蒸気圧の低い原料ガスが未反応のまま処理容器から排出されると、ガスは排気配管の中で液化又は固化して排気配管の内壁に付着することがある。したがって、長時間の使用により排気配管の内壁に付着した物質の量が増え、最終的に排気配管が詰まってしまうおそれがある。

【0014】

また、原料ガスを交互に供給しているため、排気配管の内壁に付着した原料ガスが、次の工程で処理容器から排気されて流れてくる原料ガスと反応することがある。これにより、排気配管の中で原料ガス同士が反応して排気配管の内壁に反応生成物が付着したり、また反応の副生成物が排気配管の内壁に付着したりして、長時間の使用により排気配管が詰まってしまうおそれがある。

30

【0015】

図1は従来の処理装置の原料ガス供給及び排気系を示す概略構成図である。図1に示す処理装置は、例えば、 $TiCl_4$ と NH_3 の2種類の原料ガスを基板W上で反応させて TiN 膜を生成する成膜処理を行う装置として構成されている。この場合、原料ガスである $TiCl_4$ と NH_3 とを処理容器1に別々に供給するため、 $TiCl_4$ 用の供給配管2と NH_3 用の供給配管3が別個に設けられる。また、キャリアガス及び排気バージ用ガスとして N_2 ガスを処理容器に供給するための供給配管4が別個に設けられる。供給配管2, 3, 4には夫々ガス流量を制御するためのマスフローコントローラ(MFC)5, 6, 7及び開閉弁8, 9, 10が設けられる。開閉弁8, 9, 10の開閉を適宜制御することにより、原料ガスを交互に処理容器1に供給する。

40

【0016】

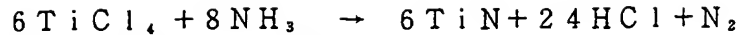
処理容器1に供給された原料ガスは、排気配管12を通じて真空排気装置11により排気される。処理容器1と真空排気システム11との間にはトラップ13が設けられ、反応生成物や副生成物及び未反応の原料ガスを捕集する。

【0017】

$TiCl_4$ と NH_3 の2種類の原料ガスを基板上で反応させて TiN 膜を生成する成膜処理の場合、処理容器内は400℃程度の温度となっており、以下の化学式で示すように反応副生成物である NH_4Cl が生成される。

【0018】

50

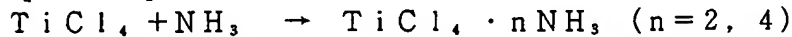


生成される NH_4Cl は白い粉末状の物質である。

【0019】

しかし、排気される原料ガスが通過する排気配管中の温度は 150°C 以下であり、このような温度では以下の化学式に示すような反応が生じるものと考えられる。

【0020】



この反応生成物 $\text{TiCl}_4 \cdot n\text{NH}_3$ ($n=2, 4$)は黄色い粉末状の物質であることが知られている。

10

【0021】

本発明者が図1に示すような処理装置を用いて行った実験では、排気配管12の途中及びコールドトラップ13に黄色い粉末状の物質がかなりの量堆積することが確認された。この黄色い粉末状の物質は、上述の $\text{TiCl}_4 \cdot n\text{NH}_3$ ($n=2, 4$)であると推測される。

【0022】

以上のように、複数種類の原料ガスを交互に供給して成膜処理を行う処理装置において、原料ガス同士が排気配管内で反応して排気配管の内壁に反応生成物が付着堆積し、排気配管が詰まるという問題があった。

【0023】

また、上述のように未反応の原料ガスを排気する工程を繰り返す処理では、反応に寄与しない原料ガスが多量に排気されることとなり、原料ガスの消費量が多いという問題もあった。

20

【0024】

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、複数の原料ガスを交互に供給して成膜を行う処理装置において、排気配管中で原料ガスが反応することを防止して反応生成物による排気配管詰まりを防止することのできる処理装置を提供することを目的とする。また、本発明は、未反応のまま排気される原料ガスを再利用可能に回収することのできる処理装置を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために本発明では、次に述べる各手段を講じたことを特徴とするものである。

30

【0026】

請求項1記載の発明は、第1の原料ガスと第2の原料ガスとを被処理基板に対して交互に供給して処理を行う処理装置であって、内部に該被処理基板が配置される処理容器と、該処理容器内に前記第1の原料ガスを供給するための第1の供給系統と、前記処理容器内に前記第2の原料ガスを供給するための第2の供給系統と、前記処理容器内から前記第1の原料ガスを排気するための第1の排気系統と、前記処理容器内から前記第2の原料ガスを排気するための第2の排気系統と、前記処理容器へのガス供給系統を前記第1の供給系統と前記第2の供給系統との間で切り替える供給系統切り替え手段と、前記処理容器からのガス排気系統を前記第1の排気系統と前記第2の排気系統との間で切り替える排気系統切り替え手段と、ガス供給系統が前記第1の供給系統に切り替えられたときにガス排気系統を前記第1の排気系統に切り替え、且つ、ガス供給系統が前記第2の供給系統に切り替えられたときにガス排気系統を前記第2の排気系統に切り替えるように、前記供給系統切り替え手段と前記排気系統切り替え手段とを制御する制御手段とを有することを特徴とするものである。

40

【0027】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の処理装置であって、前記第1の排気系統に設けられ、前記第1の原料ガスを捕集するトラップと、該トラップにより捕集した前記第1の原

50

料ガスを前記第1の供給系統に戻すための回収配管とを更に有することを特徴とするものである。

【0028】

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の処理装置であって、前記第2の排気系統に設けられ、前記第1の原料ガスと前記第2の原料ガスの反応による反応副生成物を捕集するトラップを更に有することを特徴とするものである。

【0029】

請求項4記載の発明は、請求項1乃至3のうちいずれか一項記載の処理装置であって、前記処理容器に不活性ガスを供給するための第3の供給系統を更に有することを特徴とするものである。

10

【0030】

請求項5記載の発明は、請求項1乃至4のうちいずれか一項記載の処理装置であって、前記供給系統切り替え手段は、前記第1の供給系統に設けられた第1の供給系開閉弁と、前記第2の供給系統に設けられた第2の供給系開閉弁とを有し、該第1の供給系開閉弁と該第2の供給系開閉弁の開閉は前記制御手段により制御されることを特徴とするものである。

【0031】

請求項6記載の発明は、請求項1乃至5のうちいずれか一項記載の処理装置であって、前記排気系統切り替え手段は、前記第1の排気系統に設けられた第1の排気系開閉弁と、前記第2の供給系統に設けられた第2の排気系開閉弁とを有し、該第1の排気系開閉弁と該第2の排気系開閉弁の開閉は前記制御手段により制御されることを特徴とするものである。

20

【0032】

請求項7記載の発明は、請求項1乃至4のうちいずれか一項記載の処理装置であって、前記供給系統切り替え手段は、前記第1の供給系統と前記第2の供給系統とのいずれか一方に接続される供給系三方弁を有し、前記排気系統切り替え手段は、前記第1の排気系統と前記第2の排気系統とのいずれか一方に接続される排気系三方弁を有し、前記供給系三方弁と前記排気系三方弁とは、前記制御手段により制御されることを特徴とするものである。

【0033】

請求項8記載の発明は、請求項7記載の処理装置であって、前記供給系三方弁及び前記排気系三方弁は空気作動弁よりなり、空気作動弁に供給される圧縮空気は空気切り替え弁により前記供給系三方弁及び前記排気系三方弁のいずれか一方に供給されることを特徴とするものである。

30

【0034】

請求項9記載の発明は、請求項1乃至8記載の処理装置であって、前記第1の原料ガスは $TiCl_4$ 、 TiF_4 、 $TiBr_4$ 、 TiI_4 、 $Ti[N(C_2H_5CH_3)]_4$ 、 $Ti[N(CH_3)_2]_4$ 、 $Ti[N(C_2H_5)_2]_4$ 、 TaF_5 、 $TaCl_5$ 、 $TaBr_5$ 、 TaI_5 、 $Ta(NC(CH_3)_3)(N(C_2H_5)_2)_3$ のいずれかであり、前記第2の原料ガスは NH_3 、 N_2H_4 、 $NH(CH_3)_2$ 、 $N_2H_3(CH_3)$ のいずれかであり、 TiN 膜もしくは TaN 膜を前記被処理基体上に生成することを特徴とするものである。

40

【0035】

請求項10記載の発明は、請求項4記載の処理装置であって、前記第1の原料ガスは $TiCl_4$ 、 TiF_4 、 $TiBr_4$ 、 TiI_4 、 $Ti[N(C_2H_5CH_3)]_4$ 、 $Ti[N(CH_3)_2]_4$ 、 $Ti[N(C_2H_5)_2]_4$ 、 TaF_5 、 $TaCl_5$ 、 $TaBr_5$ 、 TaI_5 、 $Ta(NC(CH_3)_3)(N(C_2H_5)_2)_3$ のいずれかであり、前記第2の原料ガスは NH_3 、 N_2H_4 、 $NH(CH_3)_2$ 、 $N_2H_3(CH_3)$ のいずれかであり、前記不活性ガスは N_2 、 Ar 、 He のいずれかであり、 TiN 膜もしくは TaN 膜を前記被処理基体上に生成することを特徴とするものである。

50

【0036】

上述の発明によれば、第1の原料ガスと第2の原料ガスを交互に供給して成膜を行う処理装置において、第1の供給系統と第2の供給系統を切り替えると同時に、第1の排気系統と第2の排気系統と切り替えることにより、第1の排気系統には第1の原料ガスのみが流れ、第2の排気系統には第2の原料ガスのみが流れる。したがって、排気配管中で原料ガス同士が混合され反応することが防止され、反応生成物による排気配管詰まりを防止することができる。また、未反応のまま排気される原料ガスを純度が高い状態で捕集することができるため、捕集した原料ガスを供給系統に戻して再利用することができ、原料ガスの消費量を低減することができる。

【発明の実施の形態】

図2は本発明による処理装置の全体構成を示す概略構成図である。図2に示す処理装置は、 $TiCl_4$ と NH_3 の2種類の原料ガスを被処理基板（ウェハ）W上で反応させて TiN 膜を生成する成膜処理を行う装置として構成されている。この場合、原料ガスである $TiCl_4$ と NH_3 とを処理容器21に別々に供給するため、 $TiCl_4$ 用の供給配管22と NH_3 用の供給配管23とが別個に設けられる。また、キャリアガス及び排気パージ用ガスとして N_2 ガスを処理容器21に供給するための供給配管24が別個に設けられる。供給配管22、23、24には夫々ガス流量を制御するためのマスフローコントローラ（MFC）25、26、27及び開閉弁V1、V3、V2が設けられる。開閉弁V1、V2、V3の開閉を適宜制御することにより、原料ガスを交互に処理容器21に供給する。以上のように、本発明による処理装置には、 $TiCl_4$ （第1の原料ガス）を供給する第1の供給系統と、 NH_3 （第2の原料ガス）を供給する第2の供給系統と、 N_2 （不活性ガス）を供給する第3の供給系統が設けられる。

【0037】

また、本発明による処理装置には、2系統の排気系が設けられる。すなわち、処理容器21に供給された $TiCl_4$ は、排気配管28を通じて真空排気装置29により吸引され、除害装置30を介して外部に排気される（第1の排気系統）。一方、処理容器21に供給された NH_3 は、排気配管28とは別の排気配管31を通じて真空排気装置32に吸引され、除害装置33を介して外部に排気される（第2の排気系統）。

【0038】

$TiCl_4$ 用の排気配管28には開閉弁V4が設けられ、 NH_3 用の排気配管31には開閉弁V5が設けられる。また、開閉弁V4、V5は、開閉弁V1、V2、V3の開閉に連動して制御される。排気配管31上で開閉弁V5と真空排気装置32との間には、処理容器21内で生成された反応副生成物 NH_4Cl を捕集する捕集部として、トラップ34が設けられる。

【0039】

図2に示す処理装置は、以下の工程を行うことにより基板W上に TiN 膜を生成する。

【0040】

▲1▼ 処理容器21内を排気してウェハWを処理容器21内に搬入し、ウェハWを400℃程度に加熱する。

【0041】

▲2▼ $TiCl_4$ を処理容器21内に供給する。

【0042】

▲3▼ 処理容器21内の $TiCl_4$ を排気配管28を通じて排気する。

【0043】

▲4▼ NH_3 を処理容器21内供給する。

【0044】

▲5▼ 処理容器21内の NH_3 を排気配管31を通じて排気する。

【0045】

▲6▼ ウェハW上の TiN 膜が所定の厚さとなるまで▲2▼～▲5▼の工程を繰り返す。

【0046】

▲7▼ TiN膜が所定の厚さとなったら成膜処理を終了し、処理容器21からウェハWを搬出する。

【0047】

以上の工程を行うには、開閉弁V1～V5の開閉を以下のように制御する。

【0048】

まず、工程▲1▼では、開閉弁V1～V3を閉じ、且つ開閉弁V4，V5を開いて真空排気装置29，32を作動し、排気処理容器21内を排気する。

【0049】

続いて、工程▲2▼では、開閉弁V1を開いてTiCl₄を処理容器21内に供給すると共に、開閉弁V4を開いて処理容器21内の未反応のTiCl₄を排気通路28を通じて真空排気装置29により排気する。工程▲2▼の間、開閉弁V2，V3，V5は閉じている。

【0050】

次に、工程▲3▼では、開閉弁V1を閉じ、代わりに開閉弁V2を開く。これにより、N₂ガスが処理容器21内に供給されて処理容器21内のTiCl₄がバージされ、真空排気装置29により排気される。

【0051】

工程▲4▼では、開閉弁V2を閉じ、代わりに開閉弁V3を開く。これによりNH₃が処理容器21内に供給される。このとき、TiCl₄排気用の開閉弁V4が閉じられ、代わりにNH₃排気用の開閉弁V5が開かれる。したがって、未反応のNH₃及び反応副生成物であるNH₄Clは、TiCl₄排気用の排気配管28に流れ込むことなく、NH₃排気用の排気配管31を流れてトラップ34に流入する。反応副生成物であるNH₄Clは、トラップ34により捕集され、NH₃は真空排気装置32により吸引されて除害装置33を介して外部に放出される。

【0052】

次に、工程▲5▼では、開閉弁V3を閉じ、代わりに開閉弁V2を開く。これにより、N₂ガスが処理容器21内に供給されて処理容器21内のNH₃がバージされ、真空排気装置32により排気される。

【0053】

以上の工程▲2▼～▲5▼における開閉弁V1～V5の操作を繰り返して、所望の厚さのTiN膜をウェハW上に生成した後、供給側の開閉弁V1，V2，V3を全て閉じ、排気側の開閉弁V4，V5を開いて処理容器21内を排気し、ウェハWを処理容器Wから取り出す。

【0054】

上述の開閉弁の動作を以下の表に示す。なお、○は開閉弁が開いた状態を示し、×は開閉弁が閉じた状態を示す。

【0055】

【表1】

	供給側			排気側	
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5
①	×	×	×	○	○
②	○	×	×	○	×
③	×	○	×	○	×
④	×	×	○	×	○
⑤	×	○	×	×	○
⑦	×	×	×	○	○

10

【0056】

以上のように、本発明による処理装置は、複数種類の原料ガスの各々に対して個別に排気システムを有しており、原料ガスの各々に対して専用の排気配管が設けられるため、排気配管内で原料ガス同士が反応することが防止される。これにより、排気配管の内壁に堆積する物質の量が低減され、排気配管の詰まりを防止することができる。開閉弁V1～V3は供給系統切り替え手段を構成し、開閉弁V4、V5は排気系統切り替え手段を構成する。

20

【0057】

また、図2に示す本発明による処理装置において、TiCl₄の排気系統にTiCl₄を捕集する捕集部としてトラップを設けることとしてもよい。図3はTiCl₄のトラップが設けられた処理装置の概略構成図である。図3において、図2に示す構成部品と同等な部品には同じ符号を付し、その説明は省略する。

【0058】

図3に示す処理装置において、TiCl₄の排気配管28上の開閉弁V4と真空排気装置29との間にトラップ35が設けられている。トラップ35はコールドトラップよりなり、蒸気圧の低いTiCl₄を排気配管28の途中で液化して捕集する。トラップ35により捕集したTiCl₄は供給側に戻され、原料ガスとして再利用される。

30

【0059】

このように、図3に示す処理装置では、TiCl₄専用の排気系統が設けられているため、コールドトラップにより容易にTiCl₄のみを捕集することができる。そして、捕集したTiCl₄を原料ガスとして再利用するので、原料ガスの消費量を低減することができる。

【0060】

次に、本発明の第1実施例による処理装置について説明する。図4は本発明の第1実施例による処理装置40の構成を示す図である。処理装置40は、TiCl₄とNH₃の2種類の原料ガスを基板（ウェハ）W上で反応させてTiN膜を生成する成膜処理を行う装置として構成されている。

40

【0061】

処理装置40は、アルミニウム又はステンレススチール製の処理容器41を有する。処理容器41がアルミニウム製の場合は表面に陽極酸化被膜処理（アルマイト処理）が施されてもよい。処理容器41内には、ヒータが内蔵されたサセプタ（載置台）42が配置される。被処理基板であるウェハWはサセプタ42上に載置されて成膜処理が施される。処理容器41は気密な構造を有しており、成膜処理中は処理容器41の内部は所定の減圧環境に維持される。

【0062】

本実施例では、原料ガス（TiCl₄、NH₃）及びパージガス（N₂）の供給配管は、処理容器41に接続される部分で一つの共通供給配管43にまとめられている。共通供給

50

配管の先端はノズルとなっており、ノズルを介して処理容器41内に原料ガスが供給される。ノズルの代わりにシャワーヘッドを設けることとしてもよい。

【0063】

TiCl₄の供給源44は供給配管45により共通供給配管43に接続される。供給配管45には、開閉弁SV1とマスフローコントローラ46が設けられる。また、パージガスとしてのN₂の供給源47は、供給配管48により共通供給配管43に接続される。供給配管48には、開閉弁SV2とマスフローコントローラ49が設けられる。また、NH₃の供給源50は、供給配管51により共通供給配管43に接続される。供給配管51には、開閉弁SV3とマスフローコントローラ51が設けられる。さらに、パージガスとしてのN₂の供給源53は、供給配管54により共通供給配管43に接続される。供給配管54には、開閉弁SV4とマスフローコントローラ55が設けられる。

【0064】

処理容器41には、TiCl₄用の排気配管56とNH₃用の排気配管57とが接続される。排気配管56は、開閉弁EV5とトラップ58を介して、真空ポンプ59に接続される。また、排気配管57は、開閉弁EV6とトラップ60を介して、真空ポンプ61に接続される。真空ポンプ59、61としては、ドライポンプが用いられるが、トラップ58、60の前段部にターボモレキュラポンプを設けてもよい。

【0065】

トラップ58はTiCl₄を捕集するために設けられ、捕集されたTiCl₄は回収配管62を通じてTiCl₄の供給源44に戻されて再び使用される。回収配管62には気体状態のTiCl₄を流すため、TiCl₄が回収配管62内で液化しないように、回収配管62にヒータ等を巻いて50℃～100℃程度に加熱しておく。一方、トラップ60は反応副生成物NH₄Clを捕集するために設けられる。

【0066】

上述の開閉弁SV1～SV4及び開閉弁EV5、EV6は制御装置63に接続され、その開閉が制御手段としての制御装置63により制御される。また、マスフローコントローラ46、49、52、55も制御装置63により制御され、各ガスの流量が制御される。

【0067】

次に、上述の構成の処理装置40における処理動作について、図5乃至図8を参照しながら説明する。図5はTiCl₄を供給する工程における処理装置40の各開閉弁の状態を示す図であり、図6はTiCl₄を排気する工程における処理装置40の各開閉弁の状態を示す図である。図7はNH₃を供給する工程における処理装置40の各開閉弁の状態を示す図であり、図8はNH₃を排気する工程における処理装置40の各開閉弁の状態を示す図である。なお、図6及び図8に示す排気工程では、N₂によるパージで原料ガスを置換している。

【0068】

まず、図5に示すTiCl₄供給工程では、TiCl₄供給用の開閉弁SV1と、N₂供給用の開閉弁SV2、SV4とが開かれ、NH₃供給用の開閉弁SV3が閉じられる。同時に、TiCl₄排気用の開閉弁EV5が開かれ、NH₃排気用の開閉弁EV6は閉じられる。

【0069】

したがって、原料ガスTiCl₄とキャリアガスN₂が各々の供給源44、47、53から処理容器41内へと供給される。TiCl₄の流量は、30sccmとなるようにマスフローコントローラ46により制御される。また、N₂供給源47、53からのN₂の流量は、それぞれ100sccmとなるようにマスフローコントローラ49、55により制御される。NH₃供給用の開閉弁SV3は閉じられているので、NH₃は処理容器に供給されない。

【0070】

処理容器41内に供給されたTiCl₄はその一部がウェハWの表面に吸着されるが、大部分はキャリアガスN₂と共にTiCl₄排気用の排気配管56に流入する。NH₃排気

用の排気配管57に設けられた開閉弁EV6は閉じられているので、TiCl₄はNH₃、排気用の排気配管57には流入しない。

【0071】

排気配管56に流入したTiCl₄はトラップ58により捕集され、回収配管62を通じてTiCl₄供給源44に戻される。排気配管56に流入したN₂は真空ポンプ59により外部に排気される。このように、本実施例では、排気配管56にはTiCl₄とN₂だけが流入するので、TiCl₄を純度の高い状態で容易に捕集することができ、TiCl₄供給源44に戻して再利用することができる。これにより、TiCl₄の消費量を低減することができる。

【0072】

このように、本実施例では、排気配管56にはTiCl₄とN₂だけが流入するので、TiCl₄を純度の高い状態で容易に捕集することができ、TiCl₄供給源44に戻して再利用することができる。これにより、TiCl₄の消費量を低減することができる。

【0073】

TiCl₄の供給工程が終了すると、次に図6に示すTiCl₄の排気工程が行われる。本実施例の場合、TiCl₄の排気は、N₂のみを処理容器41内に供給することによりTiCl₄をバージすることで行われる。すなわち、TiCl₄の排気工程では、TiCl₄の供給用の開閉弁SV1が閉じられ、他の開閉弁はそのままの状態に維持される。したがって、N₂のみが処理容器41内に供給され、処理容器41内に残留しているTiCl₄はN₂により処理容器41内から排気通路56へと追い出される。

【0074】

TiCl₄の排気工程が終了すると、次に図7に示すNH₃の供給工程が行われる。NH₃の供給工程では、NH₃供給用の開閉弁SV3と、N₂供給用の開閉弁SV2、SV4とが開かれ、TiCl₄供給用の開閉弁SV1が閉じられる。同時に、TiCl₄排気用の開閉弁EV5が閉じられ、NH₃排気用の開閉弁EV6が開かれる。

【0075】

したがって、原料ガスNH₃とキャリアガスN₂が各々の供給源50、47、53から処理容器41内へと供給される。NH₃の流量は、100 sccmとなるようにマスフローコントローラ52により制御される。また、N₂供給源47、53からのN₂の流量は、それぞれ100 sccmとなるようにマスフローコントローラ49、55により制御される。TiCl₄供給用の開閉弁SV1は閉じられているので、TiCl₄は処理容器41に供給されない。

【0076】

処理容器41内に供給されたNH₃はその一部がウェハWの表面に吸着されているTiCl₄と反応するが、大部分はキャリアガスN₂と共にNH₃排気用の排気配管57に流入する。TiCl₄排気用の排気配管56に設けられた開閉弁EV5は閉じられているので、NH₃はTiCl₄排気用の排気配管56には流入しない。

【0077】

排気配管57に流入したNH₃及びN₂は真空ポンプ61により外部に排気される。また、NH₃の供給工程ではNH₃とTiCl₄とが反応した際の反応副生成物NH₄Clが処理容器41内で生成される。したがって、排気配管EV6には反応副生成物NH₄Clも流入する。そこで、本実施例では、トラップ60によりNH₄Clを捕集して、NH₄Clが真空ポンプ61に流れ込むことを防止している。

【0078】

NH₃の供給工程が終了すると、次に図8に示すNH₃の排気工程が行われる。本実施例の場合、NH₃の排気は、N₂のみを処理容器41内に供給することによりNH₃をバージすることで行われる。すなわち、NH₃の排気工程では、NH₃の供給用の開閉弁SV3が閉じられ、他の開閉弁はそのままの状態に維持される。したがって、N₂のみが処理容器41内に供給され、処理容器41内に残留しているNH₃はN₂により処理容器41内から排気通路57へと追い出される。

【0079】

処理容器41内のウェハW上に生成されるTiNの膜が所定の厚さとなるまで、以上の図5乃至図8に示す工程を繰り返す。上述のように、開閉弁のSV1～SV4及びEV6、EV7の開閉動作は、制御装置63により制御される。

【0080】

なお、上述のTiCl₄の排気工程及びNH₃の排気工程では、N₂パージにより原料ガスをN₂に置換しているが、原料ガスの排気を真空引きにより行うこともできる。この場合、TiCl₄の供給工程及びNH₃の供給工程は図5及び図7に示す工程と同じであり、同じ開閉弁の動作となるが、TiCl₄の排気工程及びNH₃の排気工程は図6及び図8に示す工程とは異なる。すなわち、真空引きにより原料ガスの排気を行うには、TiCl₄の排気工程及びNH₃の排気工程において、N₂供給用開閉弁SV2、SV4の閉じて、処理容器41へのガスの供給を全て停止する。これにより、真空ポンプ59又は61により処理容器41内が所定の真空度となるまで排気することで、原料ガスを処理容器41内から排気する。

【0081】

次に、本発明の第2実施例による処理装置について、図9を参照しながら説明する。図9は本発明の第2実施例による処理装置70の全体構成を示す概略構成図である。図9において、図4に示す構成部品と同等な部品には同じ符号を付し、その説明は省略する。

【0082】

図9に示す処理装置70は、図4に示す処理装置40と基本的な構造は同じであるが、共通供給配管43に三方弁SV5が設けられ、且つ排気側に共通排気配管71と三方弁EV7とが設けられた点が異なる。すなわち、本実施例では、供給側と排気側の両方に三方弁が設けられており、供給系統と排気系統を同時に切り替える。

【0083】

供給側の三方弁SV5は、共通供給配管43からノズル43aが延在する分岐部に設けられる。三方弁SV5は、処理容器41に接続される原料ガス供給系統を、TiCl₄の供給系統とNH₃の供給系統との間で切り替える機能を果たす。一方、排気側の三方弁EV7は、共通排気配管71へ接続される排気系統を、TiCl₄の排気系統とNH₃の排気系統との間で切り替える機能を果たす。

【0084】

供給側の開閉弁SV1～SV4と三方弁SV5及び排気側の三方弁EV6の動作は、制御装置30により制御される。

【0085】

図10に示すTiCl₄の供給工程では、TiCl₄側の開閉弁SV1、SV2が開かれ、NH₃側の開閉弁SV3、SV4は閉じられる。そして、三方弁SV5は、TiCl₄側の供給系統がノズル43aに接続されるように切り替えられる。同時に、排気側の三方弁EV7は、TiCl₄用排気配管56に接続されるように切り替えられる。これにより、処理容器41内に供給されるのTiCl₄及びN₂は、TiCl₄用の排気配管56だけに流れ込み、NH₃用の排気配管57には流れない。

【0086】

図11に示すTiCl₄の排気工程では、TiCl₄側の開閉弁SV1が閉じられ、開閉弁SV2が開かれたままとされる。NH₃側の開閉弁SV3、SV4は閉じられたままである。また、三方弁SV5も、TiCl₄側の供給系統側に切り替えられたままである。また、排気側の三方弁EV7も、TiCl₄用排気配管56に接続されるように切り替えられたままである。これにより、処理容器41にはN₂のみが供給され、処理容器41内に残留しているTiCl₄は、TiCl₄用の排気配管56に流れ込み、排出される。

【0087】

続いて、図12に示すNH₃の供給工程では、TiCl₄側の開閉弁SV1、SV2が閉じられ、NH₃側の開閉弁SV3、SV4が開かれる。そして、三方弁SV5は、NH₃側の供給系統がノズル43aに接続されるように切り替えられる。同時に、排気側の三方

弁E V 7は、NH₃用の排気配管5 7に接続されるように切り替えられる。これにより、処理容器4 1内に供給されるのNH₃及びN₂は、NH₃用の排気配管5 7だけに流れ込み、T i C 1、用の排気配管5 6には流れない。

【0088】

図1 3に示すNH₃の排気工程では、NH₃側の開閉弁S V 3が閉じられ、開閉弁S V 4が開かれたままとされる。T i C 1、側の開閉弁S V 1、S V 2は閉じられたままである。また、三方弁S V 5も、NH₃側の供給系統側に切り替えられたままである。また、排気側の三方弁E V 7も、NH₃用排気配管5 7に接続されるように切り替えられたままである。これにより、処理容器4 1にはN₂のみが供給され、処理容器4 1内に残留しているNH₃は、NH₃用の排気配管5 7に流れ込み、排出される。

10

【0089】

以上のように、本実施例では、三方弁S V 5を供給側の処理容器4 1に近い部分に配置し、三方弁E V 7を排気側の処理容器4 1に近い部分に配置したため、原料ガスであるT i C 1、とNH₃とが接触して反応する可能性のある部分が処理容器4 1内とノズル4 3 aと共通排気配管7 1だけとなる。これにより、処理容器4 1以外での原料ガスの反応を効果的に防止することができる。

【0090】

なお、本実施例においても、上述の第1実施例のように排気工程をN₂パージではなく、真空引きとすることもできる。

【0091】

図1 4は図9に示す処理装置7 0において、三方弁S V 5及び三方弁E V 7の切り替え動作を空気圧により行う構成を示す図である。図1 4において、三方弁S V 5及び三方弁E V 7を空気作動弁とし、空気切り替え弁7 2から空気圧を供給することにより三方弁S V 5及び三方弁E V 7を同期して作動させる。

20

【0092】

図1 5は図1 4に示す空気切り替え弁7 2の構成を示す図である。空気切り替え弁7 2には空圧源から圧縮空気が供給される。空気切り替え弁7 2内で圧縮空気の通路7 2 aは二つの通路7 2 b及び7 2 cに分岐し、一方は供給系の三方弁S V 5に接続される空気通路7 3に接続され、他方は排気系の三方弁E V 7に接続される空気通路7 4に接続される。

【0093】

空気切り替え弁7 2内の通路7 2 bの途中にはダイヤフラム7 5が設けられており、ダイヤフラム7 5を駆動することにより通路7 2 bを開放及び閉鎖することができる。ダイヤフラム7 5は、制御装置6 3から供給される電気信号により作動するソレノイド7 6により駆動される。同様に、空気切り替え弁7 2内の通路7 2 cの途中にはダイヤフラム7 7が設けられており、ダイヤフラム7 7を駆動することにより通路7 2 cを開放及び閉鎖することができる。ダイヤフラム7 7は、制御装置6 3から供給される電気信号により作動するソレノイド7 8により駆動される。

30

【0094】

空気切り替え弁7 2は、ソレノイド7 6、7 8に同一の電気信号が入力されたときに、ダイヤフラム7 5が通路7 2 bを閉鎖する方向に駆動され、且つダイヤフラム7 7が通路7 2 cを開放するように駆動されるように構成される。

40

【0095】

ここで、供給系の三方弁S V 5は、圧縮空気が供給されていないときにはT i C 1、供給系統に切り替えられ、圧縮空気が供給されたときにNH₃供給系統に切り替えられる空気作動弁とする。また、排気系の三方弁E V 7は、圧縮空気が供給されていないときにはNH₃排気系統に切り替えられ、圧縮空気が供給されたときにT i C 1、供給系統に切り替えられる空気作動弁とする。

【0096】

上述の構成において、空気切り替え弁7 2により圧縮空気が空気通路7 4側に供給された場合（図1 4の矢印A方向）、供給系の三方弁S V 5はT i C 1、供給系統に切り替えら

50

れ、且つ排気系の三方弁EV7はTiCl₄、排気系統に切り替えられる。これは、図10及び図11に示す工程に相当する。また、空気切り替え弁72により圧縮空気が空気通路73側に供給された場合（図14の矢印B方向）、供給系の三方弁SV5はNH₃、供給系統に切り替えられ、且つ排気系の三方弁EV7はNH₃、排気系統に切り替えられる。これは、図12及び図13に示す工程に相当する。

【0097】

以上のように、空気切り替え弁72を用いることにより、供給系と排気系の三方弁を同期して作動することができる。

【0098】

上述の実施例では、TiCl₄とNH₃によりTiN膜を生成しているが、他の例として 10
、TiF₄とNH₃によるTiN膜の生成、TiBr₄とNH₃によるTiN膜の生成、TiI₄とNH₃によるTiN膜の生成、Ti[N(C₂H₅CH₃)]₄とNH₃によるTiN膜の生成、Ti[N(CH₃)₂]₄とNH₃によるTiN膜の生成、Ti[N(C₂H₅)₂]₄とNH₃によるTiN膜の生成、TaF₅とNH₃によるTa₂N膜の生成、TaCl₅とNH₃によるTa₂N膜の生成、TaBr₅とNH₃によるTa₂N膜の生成、TaI₅とNH₃によるTa₂N膜の生成、Ta(NC(CH₃)₃)(N(C₂H₅)₂)₃とNH₃によるTa₂N膜の生成、WF₆をNH₃によるWN膜の生成、Al(CH₃)₃とH₂OによるAl₂O₃膜の生成、Al(CH₃)₃とH₂O₂によるAl₂O₃膜の生成、Zr(O-t(C₄H₉))₄とH₂OによるZrO₂膜の生成、Zr(O-t(C₄H₉))₄とH₂O₂によるZrO₂膜の生成、Ta(OC₂H₅)₅と 20
H₂OによるTa₂O₅膜の生成、Ta(OC₂H₅)₅とH₂O₂によるTa₂O₅膜の生成、Ta(OC₂H₅)₅とO₂によるTa₂O₅膜の生成、等本実施例による処理装置を用いることにより、効率的に成膜処理を行うことができる。

【発明の効果】

上述の如く本発明によれば、複数の原料ガスを交互に供給して成膜を行う処理装置において、排気配管中で原料ガス同士が反応することを防止して反応生成物による排気配管詰まりを防止することができる。また、未反応のまま排気される原料ガスを捕集して供給系統に戻して再利用することができ、原料ガスの消費量を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の処理装置の概略構成図である。

【図2】本発明による処理装置の概略構成図である。

【図3】本発明による処理装置の概略構成図である。

【図4】本発明の第1実施例による処理装置の構成図である。

【図5】TiCl₄供給工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図6】TiCl₄排気工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図7】NH₃供給工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図8】NH₃排気工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図9】本発明の第2実施例による処理装置の構成図である。

【図10】TiCl₄供給工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図11】TiCl₄排気工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図12】NH₃供給工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図13】NH₃排気工程における処理装置の各開閉弁の状態を示す図である。

【図14】空気圧により三方弁を駆動する構成を示す図である。

【図15】空気切り替え弁の構成図である。

【符号の説明】

21, 41 処理容器

22, 23, 24, 45, 48, 51, 54 供給配管

25, 26, 27, 46, 49, 52, 55 マスフローコントローラ

28, 31 排気配管

29, 32 真空排気装置

30

40

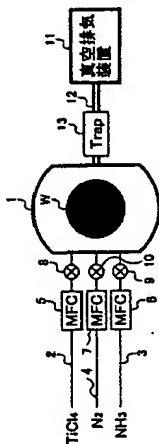
50

30, 33 除害装置
 34, 35 トラップ
 40, 70 処理装置
 42 サセプタ
 43 共通供給配管
 43a ノズル
 44 $TiCl_4$ 供給源
 47, 53 N_2 供給源
 50 NH_3 供給源
 56, 57 排気配管
 58, 60 トラップ
 59, 61 真空ポンプ
 62 回収配管
 63 制御装置
 71 共通排気配管
 72 空気切り替え弁
 72a, 72b, 72c 通路
 73, 74 空気通路
 75, 77 ダイアフラム
 76, 78 ソレノイド
 V1, V2, V3, V4, V5 開閉弁
 SV1, SV2, SV3, SV4, EV6, EV7 開閉弁
 SV5, EV7 三方弁

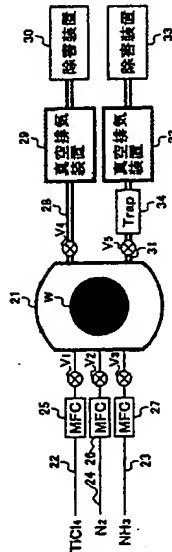
10

20

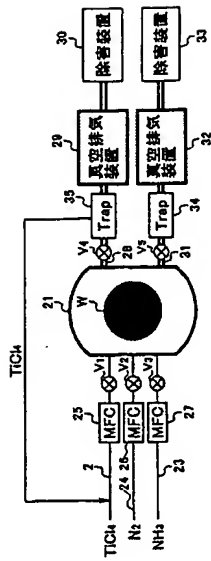
【図1】



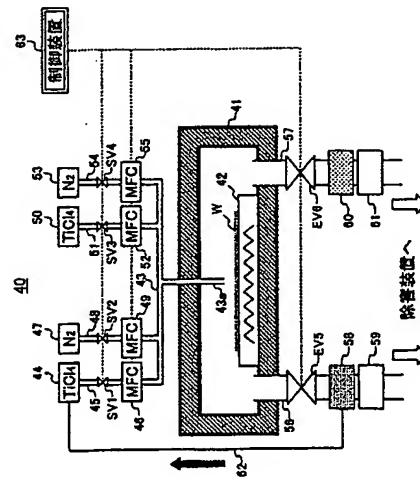
【図2】



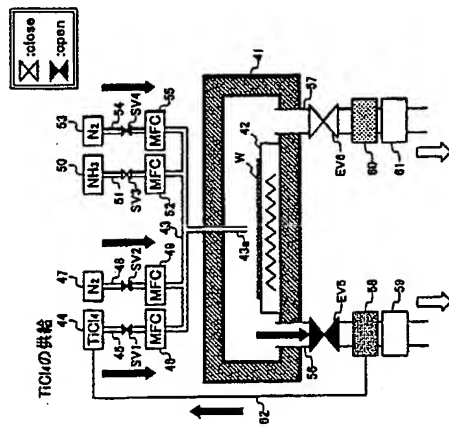
【図 3】



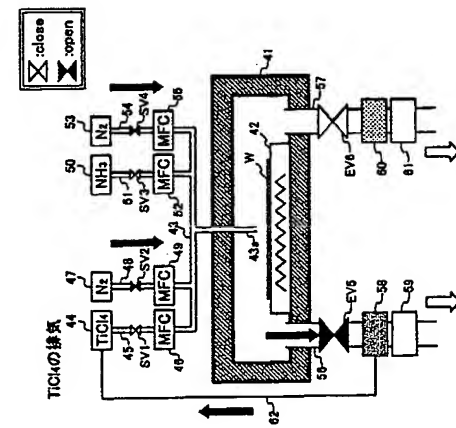
【図 4】



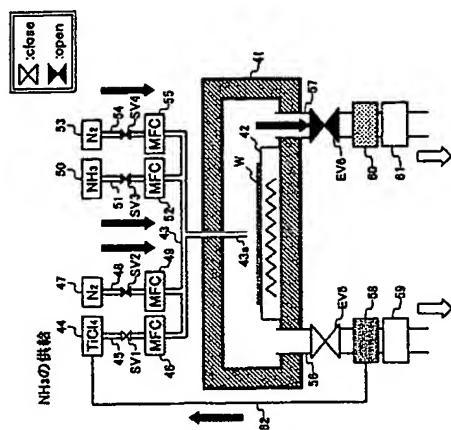
【図 5】



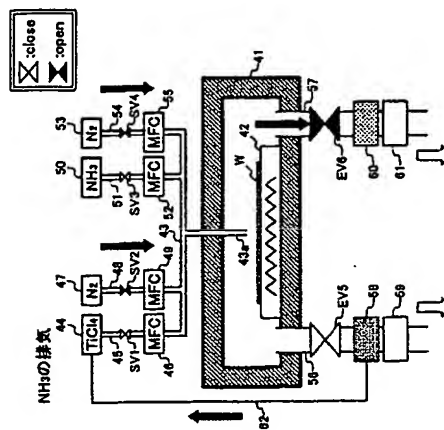
【図 6】



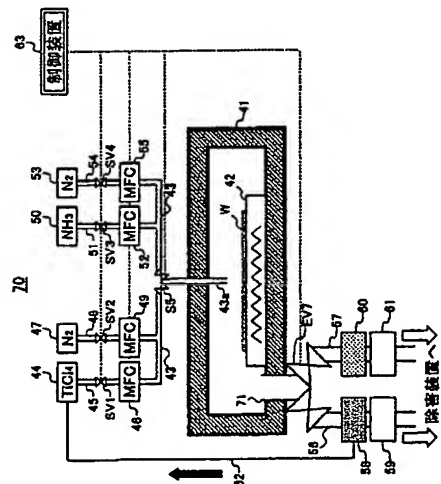
【図 7】



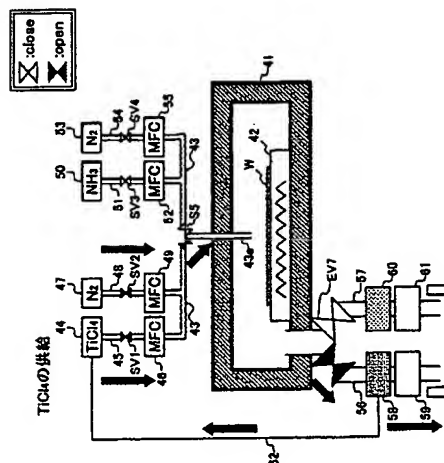
【図 8】



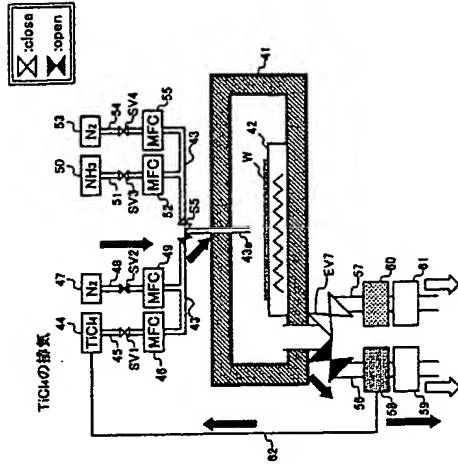
【図 9】



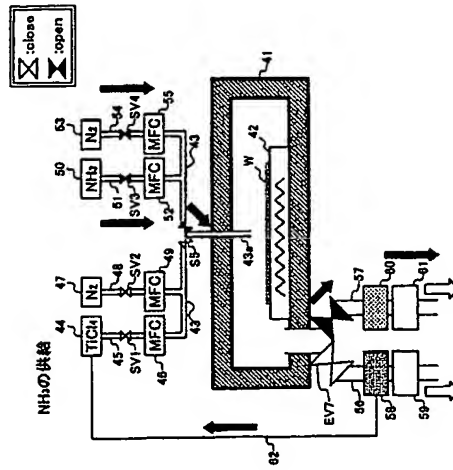
【図 10】



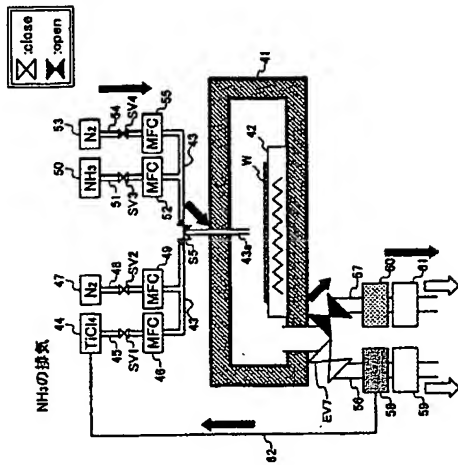
【図 1 1】



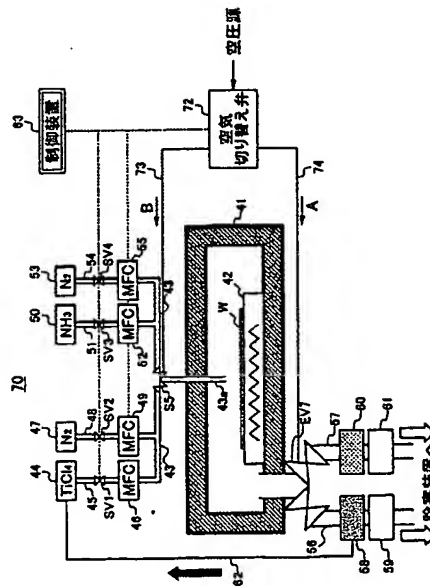
【図 1 2】



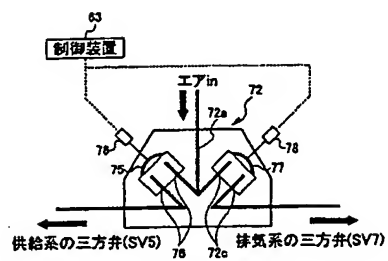
【図 1 3】



【図 1 4】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 重岡 隆

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 大島 康弘

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 川村 剛平

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

Fターム(参考) 4K030 AA03 AA04 AA11 AA13 BA17 BA18 BA38 EA03 EA12 FA10

KA41

SF045 AA03 AB40 AC00 AC03 AC04 AC07 AC11 AC12 BB20 DP03

DQ10 EG01

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**